

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-214038

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.CI.

H01S 3/103
 H01S 3/043
 H01S 3/18
 H04B 10/02
 H04B 10/18
 H04B 10/14
 H04B 10/06
 H04B 10/04

(21)Application number : 08-012637

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.01.1996

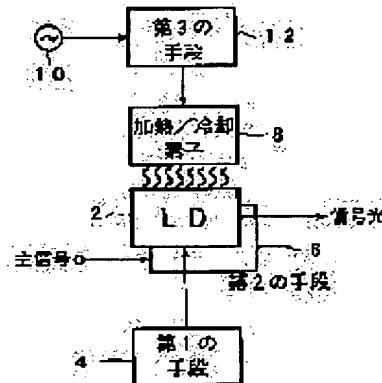
(72)Inventor : HAYASHI AKIHIKO
 NAGAKUBO YASUNARI
 TSUDA TAKASHI
 TAWARA YOKO

(54) OPTICAL TRANSMITTER, OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM, AND OPTICAL COMMUNICATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure satisfactory transmission characteristics of a main signal from a laser diode by operationally connecting the laser diode with a signal source and a heating/cooling device, and supplying a driving current to the heating/cooling device such that temperature of the laser diode changes in synchronism with a low frequency signal.

SOLUTION: A current is injected into a laser diode 2 from first means 4 to generate signal light, and the signal light is outputted by second means 6 on the basis of a main signal. Heating/cooling device 8 is thermally connected with the laser diode 2 for changing temperature. A driving current is supplied to the heating/cooling device 8 by third means 12 such that temperature of the laser diode 2 changes in synchronism with a low frequency signal of a signal source 10. A temperature sensor is provided in the vicinity of the laser diode 2 to detect average temperature of the laser diode 2, and the third means 12 controls the average temperature such that it is kept unchanged whereby center wavelength of the signal light is kept unchanged.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-214038

(43)公開日 平成9年(1997)8月15日

(51)Int.Cl. [*]	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 S	3/103		H 01 S	3/103
	3/043			3/18
	3/18			3/04
H 04 B	10/02		H 04 B	9/00
	10/18			M
				S

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全10頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平8-12637	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号
(22)出願日	平成8年(1996)1月29日	(72)発明者	林 明彦 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	長久保 雄功 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74)代理人	弁理士 松本 昂
			最終頁に続く

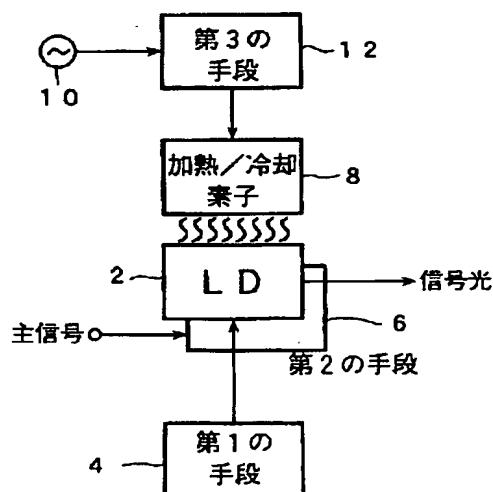
(54)【発明の名称】光送信機、光通信システム及び光通信方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は光送信機、光通信システム及び光通信方法に関し、主信号の良好な伝送特性を与え且つSBS(誘導ブリュアン散乱)の抑圧が可能な光送信機の提供を課題としている。

【解決手段】 レーザダイオード2と、レーザダイオード2に電流を注入する手段4と、主信号を受け主信号に基づいて信号光を変調する手段6と、レーザダイオード2の温度を変化させるための加熱／冷却素子8と、低周波信号を出力する信号源10と、レーザダイオード2の温度が低周波信号に同期して変化するように素子8に駆動電流を供給する手段12とから構成する。

光送信機の第1の基本構成を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザダイオードと、
該レーザダイオードが信号光を生成するように該レーザダイオードに電流を注入する第1の手段と、
上記レーザダイオードに動作的に接続され、主信号を受け、該主信号に基づいて上記信号光を変調する第2の手段と、
上記レーザダイオードに熱的に接続され、上記レーザダイオードの温度を変化させるための加熱／冷却素子と、
上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する信号源と、
該信号源及び上記加熱／冷却素子に動作的に接続され、上記レーザダイオードの温度が上記低周波信号に同期して変化するように上記加熱／冷却素子に駆動電流を供給する第3の手段とを備えた光送信機。

【請求項2】 請求項1に記載の光送信機であって、
上記レーザダイオードの平均温度を検出する手段を更に備え、
上記第3の手段は、上記検出された平均温度が一定になるように制御された制御電流を発生する手段と、該制御電流に上記低周波信号を重畠して上記加熱／冷却素子に供給する手段とを含む光送信機。

【請求項3】 請求項2に記載の光送信機であって、
上記第1の手段はバイアス電流を発生する手段を含む光送信機。

【請求項4】 請求項3に記載の光送信機であって、
上記第2の手段は、上記主信号に基づき変調電流を生成する手段と、該変調電流を上記バイアス電流に重畠して上記レーザダイオードに供給する手段とを含む光送信機。

【請求項5】 請求項3に記載の光送信機であって、
上記バイアス電流は直接上記レーザダイオードに供給され、

上記第2の手段は、上記主信号に基づき変調信号を生成する手段と、該変調信号に基づき上記レーザダイオードから出力される信号光を変調する外部光変調器とを含む光送信機。

【請求項6】 請求項3に記載の光送信機であって、
上記信号光のパワーを検出するパワー検出手段と、該検出されたパワーが一定になるように上記バイアス電流を制御する手段とを更に備えた光送信機。

【請求項7】 請求項6に記載の光送信機であって、
上記レーザダイオードはフォワード光及びバックワード光を出力し、該フォワー光が該光送信機から出力され、上記パワー検出手段は上記バックワード光を受けるフォティクタを含む光送信機。

【請求項8】 請求項6に記載の光送信機であって、
上記信号光を第1及び第2の分岐光に分岐する手段を更に備え、

該第1の分岐光が該光送信機から出力され、

上記パワー検出手段は上記第2の分岐光を受けるフォティクタを含む光送信機。

【請求項9】 請求項3に記載の光送信機であって、
上記バイアス電流の平均値を検出する手段と、該検出されたバイアス電流の平均値が一定になるように上記バイアス電流を制御する手段とを更に備えた光送信機。

【請求項10】 光送信機を有する第1の端局と、
光受信機を有する第2の端局と、
該第1及び第2の端局を結ぶ光ファイバ伝送路とを備え、

上記光送信機は、
レーザダイオードと、
該レーザダイオードが信号光を生成するように該レーザダイオードに電流を注入する第1の手段と、
上記レーザダイオードに動作的に接続され、主信号を受け、該主信号に基づいて上記信号光を変調する第2の手段と、
上記レーザダイオードに熱的に接続され、上記レーザダイオードの温度を変化させるための加熱／冷却素子と、
上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する信号源と、

該信号源及び上記加熱／冷却素子に動作的に接続され、上記レーザダイオードの温度が上記低周波信号に同期して変化するように上記加熱／冷却素子に駆動電流を供給する第3の手段とを備えた光通信システム。

【請求項11】 請求項10に記載の光通信システムであって、
上記第1の端局は、上記光送信機が outputする上記信号光を受け該信号光を增幅して上記光ファイバ伝送路へ送出する光ポストアンプを更に有する光通信システム。

【請求項12】 第1及び第2の注入電流がそれぞれ供給される第1及び第2の領域を有するレーザダイオードと、

該レーザダイオードが信号光を生成するように上記第1及び第2の注入電流をそれぞれ生成する第1及び第2の手段と、
上記レーザダイオードに動作的に接続され、主信号を受け、該主信号に基づいて上記信号光を変調する第3の手段と、
上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する信号源と、

該信号源及び上記レーザダイオードに動作的に接続され、上記信号光の波長が上記低周波信号に同期して変化するように上記第1の注入電流を制御する第4の手段とを備え、
上記レーザダイオードは、上記信号光の波長が上記第2の注入電流よりもむしろ上記第1の注入電流に依存して変化し、且つ、上記信号光のパワーが上記第1の注入電流よりもむしろ上記第2の注入電流に依存して変化する特性を有する光送信機。

【請求項13】 請求項12に記載の光送信機であって、
上記第1の手段は第1のバイアス電流を発生する手段を含み、
上記第2の手段は第2のバイアス電流を発生する手段を含み、
上記第4の手段は上記第1のバイアス電流に上記低周波信号を重畠して上記レーザダイオードに供給する手段を含む光送信機。

【請求項14】 請求項13に記載の光送信機であって、
上記第3の手段は、上記主信号に基づき変調電流を生成する手段と、該変調電流を上記第2のバイアス電流に重畠して上記第2の領域に供給する手段とを含む光送信機。

【請求項15】 請求項13に記載の光送信機であって、
上記第2のバイアス電流は直接上記第2の領域に供給され、
上記第3の手段は、上記主信号に基づき変調信号を生成する手段と、該変調信号に基づき上記レーザダイオードから出力される信号光を変調する外部光変調器とを含む光送信機。

【請求項16】 光送信機を有する第1の端局と、
光受信機を有する第2の端局と、
該第1及び第2の端局を結ぶ光ファイバ伝送路とを備え、

上記光送信機は、
第1及び第2の注入電流がそれぞれ供給される第1及び第2の領域を有するレーザダイオードと、
該レーザダイオードが信号光を生成するように上記第1及び第2の注入電流をそれぞれ生成する第1及び第2の手段と、

上記レーザダイオードに動作的に接続され、主信号を受け、該主信号に基づいて上記信号光を変調する第3の手段と、

上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する信号源と、
該信号源及び上記レーザダイオードに動作的に接続され、上記信号光の波長が上記低周波信号に同期して変化するように上記第1の注入電流を制御する第4の手段とを備え、

上記レーザダイオードは、上記信号光の波長が上記第2の注入電流よりもむしろ上記第1の注入電流に依存して変化し、且つ、上記信号光のパワーが上記第1の注入電流よりもむしろ上記第2の注入電流に依存して変化する特性を有する光通信システム。

【請求項17】 レーザダイオード及び光ファイバ伝送路を用いた光通信方法であって、

(a) 上記レーザダイオードが信号光を生成するように

該レーザダイオードに電流を注入するステップと、
(b) 主信号に基づいて上記信号光を変調するステップと、
(c) 上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号に同期して上記レーザダイオードの温度を変化させるステップとを備えた光通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、光ファイバ伝送路において生じる誘導ブリュアン散乱の抑圧に関し、更に詳しくは、このような抑圧を可能にする光送信機、光通信システム及び光通信方法に関する。

【0002】近年、光増幅器と外部光変調器を用いることにより、ハイパワー(20dBm以上)で且つチャーピングが小さい信号光が得られるようになってきた。このようなコヒーレントでハイパワーな信号光を光ファイバ伝送路により伝送する場合、ファイバ中で誘導ブリュアン散乱(SBS: Stimulated Brillouin Scattering)が発生して受信感度の劣化等の悪影響の恐れがあるので、その対策が要望されている。

【0003】

【従来の技術】レーザダイオードにレーザ発振を誘起させるためのバイアス電流を与えておき、このバイアス電流に変調電流を重畠して、これにより変調された信号光を得るようにした光送信機が知られている。

【0004】また、レーザダイオードに一定の或いは制御されたバイアス電流を与えておき、レーザダイオードから出力される信号光(キャリア光)を外部光変調器により変調するようにした光送信機が知られている。

【0005】一方、SBSを抑圧するために、信号光を低周波数で周波数変調することが提案されている。周波数変調により信号光の光スペクトラム線幅が広がり、これにより非線形効果の閾値が高くなり、SBSが抑圧される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】レーザダイオードから出力される信号光を周波数変調するために、従来は、バイアス電流に低周波信号が重畠されていた。しかしながら、バイアス電流への低周波信号の重畠は、信号光の周波数(波長)を変調するだけでなく、信号光の強度(パワー)をも変調してしまう。

【0007】このような低周波信号による強度変調は、主信号の伝送特性を劣化させ、例えば長距離伝送が困難になる、という問題を生じさせる。よって、本発明の目的は、主信号の良好な伝送特性を与え且つSBSの抑圧が可能な光送信機及び光通信方法を提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、このような光送信機を備えた光通信システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の側面によると、レーザダイオードの温度が低周波信号に同期して変化させられる。

【0010】レーザダイオードには、レーザダイオードが信号光（主信号により変調されていないキャリア光を含む）を生成するように電流が注入される。信号光は主信号に基づいて変調される。

【0011】レーザダイオードの温度を変化させるために、加熱／冷却素子が用いられる。信号源は、主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する。レーザダイオードの温度が低周波信号に同期して変化するように、加熱／冷却素子には駆動電流が供給される。

【0012】信号光の波長（周波数）は、レーザダイオードの温度に比較的大きく依存して変化する。これに対して、信号光の強度はレーザダイオードの温度に大きく依存して変化しない。

【0013】従って、本発明の第1の側面によると、主信号の良好な伝送特性を与え且つSBSの抑圧が可能な光送信機の提供が可能になる。本発明の第2の側面によると、第1及び第2の注入電流がそれぞれ供給される第1及び第2の領域を有するレーザダイオードが用いられる。第1及び第2の注入電流は、レーザダイオードが信号光を生成するように生成される。

【0014】レーザダイオードは、信号光の波長が第2の注入電流よりもむしろ第1の注入電流に依存して変化し、且つ、信号光のパワー（強度）が第1の注入電流よりもむしろ第2の注入電流に依存して変化する特性を有している。

【0015】信号光は主信号により変調される。信号源は、主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する。第1の注入電流は、信号光の波長が低周波信号に同期して変化するように制御される。

【0016】本発明の第2の側面によると、レーザダイオードが上述のような特性を有しているので、主信号の良好な伝送特性を与え且つSBSの抑圧が可能な光送信機の提供が可能になる。

【0017】本発明の第3の側面によると、光送信機を有する第1の端局と、光受信機を有する第2の端局と、第1及び第2の端局を結ぶ光ファイバ伝送路とを備えた光通信システムが提供される。

【0018】光送信機としては、本発明の第1又は第2の側面による光送信機が用いられる。この光通信システムにおいては、光ファイバ伝送路におけるSBSの抑圧が可能であり、また、光送信機において信号光のパワーが低周波信号によって変調されにくいため、主信号の良好な伝送特性が可能になる。

【0019】このように、本発明によるとレーザダイオード及び光ファイバ伝送路を用いた光通信方法が提供される。この方法は、（a）上記レーザダイオードが信号光を生成するように該レーザダイオードに電流を注入す

るステップと、（b）主信号に基づいて上記信号光を変調するステップと、（c）上記主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号に同期して上記レーザダイオードの温度を変化させるステップとを備えている。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の望ましい実施の形態を添付図面に沿って詳細に説明する。図1は本発明の光送信機の第1の基本構成を示すブロック図である。この光送信機は光源としてレーザダイオード2を有している。

【0021】レーザダイオード2には第1の手段4から電流が注入され、これによりレーザダイオード2が信号光を生成する。レーザダイオード2には、主信号を受けて主信号に基づいて信号光を変調する第2の手段6が動作的に接続されている。ここで、「動作的に接続される」というのは、光学的に接続される場合と電気的に接続される場合とを含む。光学的に接続される場合には、コリメート系により空間ビーム接続されること及び光ファイバにより接続されることを含み、更に、光アイソレータ等の光デバイスを介して接続されることを含む。電気的に接続される場合には、ACカップリング用のキャパシタ等の電子部品を介して接続される場合を含む。

【0022】この光送信機に直接変調が適用される場合には、第2の手段6はレーザダイオード2に変調電流を供給する変調回路を含み、この光送信機に外部変調が適用される場合には、第2の手段6は外部光変調器を含む。

【0023】レーザダイオード2には、レーザダイオード2の温度を変化させるための加熱／冷却素子8が熱的に接続されている。信号源10は主信号に比べて周波数が十分低い低周波信号を出力する。低周波信号の周波数は例えば数10KHz～数MHzの範囲にある。

【0024】第3の手段12は、レーザダイオード2の温度が低周波信号に同期して変化するように、加熱／冷却素子8に駆動電流を供給する。図2は本発明の光送信機の第1実施形態を示すブロック図である。この光送信機には直接変調が適用される。図1の第1の手段4は、バイアス電流を発生するバイアス回路14を含む。

【0025】図1の第2の手段6は、受けた主信号に基づき変調電流を生成する変調回路16と、変調電流をバイアス電流に重畠してレーザダイオード2に供給する加算器18とを含む。

【0026】加算器18は例えばバイアスティーである。即ち、バイアス電流及び変調電流はそれぞれバイアスティーに含まれるインダクタ及びキャパシタを介してレーザダイオード2に供給される。

【0027】レーザダイオード2の近傍には温度センサ20が設けられている。温度センサ20はレーザダイオード2の平均温度を検出する。図1の第3の手段12は、温度センサ20により検出された平均温度が一定に

なるように制御された制御電流を発生する温度制御回路22と、この制御電流に信号源10からの低周波信号を重畳して加熱／冷却素子8に供給する加算器24とを備えている。

【0028】この光送信機は、信号光の平均パワーが一定に保たれるようにするために、APC（自動パワー制御）のループを有している。レーザダイオード2は、フォワード光26及びバックワード光28を出力する。フォワード光26が信号光としてこの光送信機から出力される。

【0029】バックワード光28はそのパワーをフォトダイオード（フォトディテクタ）30により検出される。そして、フォトディテクタ30の出力レベルが一定になるように、APC回路32がバイアス電流を制御する。

【0030】図3は信号光の波長とレーザダイオードの温度との関係の一例を示すグラフである。温度が上昇するに従って波長が長くなり、温度の変化と波長の変化がほぼリニアであることがわかる。1°Cの温度変化に対して波長は例えば0.1nm変化する。

【0031】SBSを抑圧するために、信号光のスペクトル線幅を100~1000MHzに拡大するためには、信号光の波長の低周波信号による変動幅を0.0008~0.008nmにしてやればよく、例えばこの場合におけるレーザダイオードの温度の変化幅は0.01~0.1°Cである。

【0032】この実施形態によると、信号光の波長を低周波信号に同期して変化させることができるので、スペクトル線幅を拡大してSBSを抑圧することができる。ここで、信号光の波長又はレーザダイオードの温度が低周波信号に同期するというのは、位相が同期することに限定されるものではない。

【0033】また、温度制御回路22の採用により、レーザダイオード2の平均温度が一定に保たれるので、信号光の中心波長を一定に保つことができる。更に、APC回路32の採用により、信号光のパワー或いは平均パワーを一定に保つことができる。

【0034】図4は本発明の光送信機の第2実施形態を示すブロック図である。この光送信機には外部変調が適用される。バイアス回路14からのバイアス電流は直接にレーザダイオード2に供給される。図1の第2の手段6は、受けた主信号に基づき変調信号を生成する変調回路36と、変調信号に基づきレーザダイオード2から出力される信号光（キャリア光）を変調する外部光変調器34とを含む。

【0035】外部光変調器34としては、LiNbO₃基板を用いたマッハツエンダ型光変調器や半導体チップによる電界吸収型光変調器を用いることができる。電界吸収型光変調器はレーザダイオードとのモノリシック化が容易であり、この場合結合損失の低減による信号光の

ハイパワー化が可能である。

【0036】光変調器34から出力された光は、ビームスプリッタ38により第1の分岐光40と第2の分岐光42とに分岐される。光変調器34の出力光の大部分に相当する第1の分岐光40は、この光送信機から図示しない光伝送路へ送出される。

【0037】第2の分岐光42に基づいて、APCループが構成されている。即ち、第2の分岐光42をフォトディテクタ30が受け、フォトディテクタ30の出力レベルが一定になるようにAPC回路32がバイアス電流を制御する。

【0038】この実施形態では、一定の或いは制御されたDCバイアス電流がバイアス回路14からレーザダイオード2へ供給されるので、レーザダイオード2におけるチャーピング（動的な波長変動）を抑制して光伝送路における波長分散の影響を少なくすることができます。

【0039】このようにレーザダイオード2が出力する光のコヒーレンシーが高い場合、SBSが生じやすいので、低周波信号によりレーザダイオード2の温度を変化させることは、SBSを抑圧する上で極めて効果的である。

【0040】図5は本発明の光送信機の第3実施形態を示すブロック図である。この光送信機は、図4の第2実施形態と対比して、APCのループに代えてACC（自動電流制御）のループを設けている点で特徴付けられる。

【0041】即ち、この光送信機は、バイアス回路14がレーザダイオード20へ供給するバイアス電流の値又はその平均値を検出するバイアス電流検出回路44と、検出された値が一定になるようにバイアス電流を制御するACC回路46とを有している。

【0042】レーザダイオード2が输出する光の中心波長は、レーザダイオード2の温度及びバイアス電流に依存する。レーザダイオード2の平均温度は温度制御回路22及び加熱／冷却素子8により一定に制御され、バイアス電流はACCのループにより一定に制御され、従って、信号光の中心波長を一定に保つことができる。この光送信機の構成の採用による具体的な効果については、後述の光通信システムにおいて説明する。

【0043】図6は本発明の第2の側面に適用可能な3電極型レーザダイオードの構成を示す模式図である。このレーザダイオードは、活性層48が長い分布帰還（DFB）型の半導体レーザ素子に、長手方向概略中央部に1/4波長の位相シフト点50を有する浅いグレーティング52を形成し、裏面側には共通電極54を、表面側には長手方向に3分割された電極56、58及び60を形成して構成される。

【0044】以下の説明では、表面側のセンター電極58に供給する電流をI_cバイアスと称し、表面側のサイド電極56及び60に供給する電流をI_sバイアスと称

する。符号62及び64は活性層48の両端に形成される反射防止膜を示している。

【0045】図7は図6のレーザダイオードにおける発振波長変化とバイアス電流(I_c , I_b)との関係を示すグラフである。 I_c バイアスに依存して発振波長がほとんど変化していないのに対して、 I_b バイアスに依存して発振波長が比較的大きく変化しているのがわかる。

【0046】また、図6のレーザダイオードでは、出力される信号光のパワーは、 I_c バイアスよりも I_b バイアスに依存して変化する。図8は本発明の光送信機の第2の基本構成を示すブロック図である。レーザダイオード68は、第1の注入電流70が供給される第1の領域72と、第2の注入電流74が供給される第2の領域76とを有している。

【0047】レーザダイオード68としては例えば図6に例示されるものを用いることができ、この場合、第1の領域72はセンター電極58によりカバーされる領域に対応し、第2の領域76はサイド電極56及び60によりカバーされる領域に対応している。

【0048】第1の注入電流70は第1の注入手段78により第1の領域72に供給され、第2の注入電流74は第2の注入手段80により第2の領域76に供給される。レーザダイオード68は第1及び第2の注入電流70及び74の供給により信号光を生成する。レーザダイオード68は、信号光の波長が第2の注入電流74よりもむしろ第1の注入電流70に依存して変化し、且つ、信号光のパワーが第1の注入電流70よりも第2の注入電流74に依存して変化するような特性を有している。

【0049】レーザダイオード68には変調手段82が動作的に接続されている。変調手段82は主信号を受け、主信号に基づいて信号光を変調する。変調手段82は第2の手段6(図1参照)に対応しており、レーザダイオード68が outputする信号光という語句の解釈は図1の第1の基本構成におけるものに準ずる。

【0050】信号源84(図1の信号源10に対応)は、主信号に比べて周波数が十分に低い低周波信号を出力する。制御手段86は、信号光の波長が低周波信号に同期して変化するように第1の注入電流70を制御する。

【0051】図9は本発明の光送信機の第4実施形態を示すブロック図である。図8のレーザダイオード68としては、図6に示されるような三電極型のレーザダイオード88が用いられている。

【0052】図8の第1の注入手段78は、 I_c バイアスを発生するバイアス回路90を含む。図8の制御手段86は、 I_c バイアスに信号源84からの低周波信号を重畠してセンター電極58に供給する加算器92を含む。

【0053】図8の第2の注入手段80は、 I_b バイアスを発生するバイアス回路94を含む。図8の変調手段

82は、受けた主信号に基づき変調電流を生成する変調回路96と、変調電流を I_b バイアスに重畠してサイド電極56及び60に供給する加算器98とを含む。

【0054】この実施形態によると、レーザダイオード88の前述した特性に基づいて、変調回路96から供給される変調電流による信号光の直接変調が可能になると共に、低周波信号に同期した信号光波長の変化によるSBSの抑圧が可能になる。

【0055】低周波信号を I_c バイアスに重畠しているのは、 I_c バイアスの変化に伴う信号光パワーの変化が極めて小さいからである。図10は本発明の光送信機の第5実施形態を示すブロック図である。この光送信機には外部光変調が適用されている。

【0056】 I_b バイアスへの変調電流の重畠は不要であるから、バイアス回路94からの I_b バイアスは直接サイド電極56及び60に供給される。図8の変調手段82は、受けた主信号に基づき変調信号を生成する変調回路100と、変調信号に基づきレーザダイオード88の出力光を変調する外部光変調器102とを含む。

【0057】この光送信機もこれまでの実施形態におけると同様主信号の良好な伝送特性を与え且つSBSの抑圧が可能になる。図9の第4実施形態及び図10の第5実施形態においても、APCループ又はACCループの採用が可能である。この場合、前述した特性に鑑み、制御対象を I_b バイアスにするのが望ましい。

【0058】図11は本発明の光通信システムの実施形態を示すブロック図である。このシステムは、本発明に係わる光送信機104を有する第1の端局106と、光受信機108を有する第2の端局110と、端局106及び110を結ぶ光ファイバ伝送路112とを備えている。

【0059】光ファイバ伝送路112の途中には光増幅器114を有する光中継器116が設けられている。第1の端局106は、光送信機104が出力する信号光を受けこれを増幅して光ファイバ伝送路112へ送出する光ポストアンプ118を更に有している。

【0060】第2の端局110は、光ファイバ伝送路112により送られてきた信号光を増幅して光受信機108に供給する光プリアンプ120を更に有している。信号光波長が1.55 μm帯にある場合、光アンプ118, 114及び120としては、エルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)を用いることができる。EDFAは、信号光が供給されるエルビウムドープファイバ(EDF)と、EDFに適切な波長のポンプ光を供給してEDFを光ポンピングする手段とを含む。ポンプ光の波長は例えば0.98 μm, 1.48 μmである。

【0061】このように主信号経路に光アンプが1つ又は複数設けられている場合、光ファイバ伝送路へ送出される信号光のパワーが大きくなるので、SBSが発生しやすい。光送信機104においては、前述したように信

11

号光の波長が低周波信号に同期して変化するようにされているので、SBSの抑圧が可能になる。

【0062】特に、各光アンプが増幅された自然放出光(ASE光)を除去するための狭帯域な光帯域通過フィルタを有している場合には、信号光の中心波長が安定化されていることが望ましい。そのためには、例えば図5の第3実施形態で説明したACCループが有効である。

【0063】なぜなら、APCループではレーザダイオードのバイアス電流が変化させられることにより信号光の中心波長が変化するのに対して、ACCループではバイアス電流が一定に保たれるので信号光の中心波長の安定化が可能になるからである。

【0064】図5の第3実施形態ではバイアス電流及びレーザダイオード2の平均温度が安定化させられることにより、短期的には信号光のパワーは一定に保たれる。光送信機の長期の運用に伴う信号光のパワーの変化は、例えば図11のシステムにおいて光ポストアンプ118がALC(自動レベルコントロール)のループを有するようにすれば対処可能である。ALCループは、例えば、光ポストアンプ118が outputする信号光のパワーが一定になるようにポンプ光のパワーを制御する。

【0065】図12は本発明の適用による光スペクトルの拡大を説明するための図である。縦軸はパワー、横軸は光周波数を示している。破線で示されるのは本発明が適用されない場合における信号光の鋭い光スペクトルを示している。実線は、本発明の適用により光スペクトルが拡大された様子を示している。

【0066】このように信号光の光スペクトルが拡大されることにより、SBSの抑圧が可能になる。図13はSBSの抑圧の効果を説明するための図である。縦軸はSBSによる戻り光のパワー、横軸は信号光の出力パワーを示している。

【0067】ここで、信号光及び戻り光は、それぞれ、図11のシステムにおいて第1の端局106から出力される信号光及び同端局106に戻る光に対応している。本発明が適用されない場合には、破線で示されるように、戻り光のパワーが急激に増大し始める点122を与える信号光出力パワーの閾値が小さいのに比べて、本発明が適用される場合には、実線で示されるように、戻り光のパワーが増大し始める点124を与える信号光出力パワーの閾値が比較的大きくなっていることがわかる。

【0068】図11のシステムにおいて、光受信機108に設けられている図示しないタンク回路がクロックを再生する場合を考えてみる。この場合、従来のようにSBSを抑圧するために通常のレーザダイオードのバイアス電流に単純に低周波信号を重畠すると信号光が低周波信号により変調され、光受信機で得られる電気信号にはサイドスペクトルが生じる。

【0069】図14はこのサイドスペクトルを説明するための図であり、縦軸は電力密度、横軸は電気周波数を

10

20

30

40

50

12

示している。 f_0 はクロック周波数であり、 f_1 は低周波信号の周波数である。

【0070】従来技術による場合、周波数($f_0 - f_1$)及び($f_0 + f_1$)に破線で示されるように比較的大きなサイドスペクトルが生じているのに対して、本発明ではこのサイドスペクトルを小さくすることができる。なぜならば、本発明においては、低周波信号に基づいて信号光の波長を変化させているにも係わらず、低周波信号による信号光のパワーの変動が極めて小さいからである。

【0071】図15の(A)はSBSを抑圧しない場合或いはSBSを抑圧してもクロックのサイドスペクトルが大きい場合に光受信機が受ける信号光の波形を示している。「1」に対応するハイレベルが不安定であり、ジッタ特性が劣化している。

【0072】図15の(B)は本発明を適用した場合に光受信機が受ける信号光の波形を示している。図15の(A)に比べて復調波形が改善されていることがわかる。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、主信号の良好な伝送特性を与え且つSBSの抑圧が可能な光送信機の提供が可能になるという効果が生じる。

【0074】また、このような光送信機を備えた光通信システムの提供が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光送信機の第1の基本構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の光送信機の第1実施形態を示すブロック図である。

【図3】信号光の波長とレーザダイオードの温度との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の光送信機の第2実施形態を示すブロック図である。

【図5】本発明の光送信機の第3実施形態を示すブロック図である。

【図6】本発明に適用可能な3電極型のレーザダイオードの構成を示す図である。

【図7】図6のレーザダイオードの特性を示す図である。

【図8】本発明の光送信機の第2の基本構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の光送信機の第4実施形態を示すブロック図である。

【図10】本発明の光送信機の第5実施形態を示すブロック図である。

【図11】本発明の光通信システムの実施形態を示すブロック図である。

【図12】光スペクトルの拡大を説明するための図である。

【図13】SBSの抑圧の効果を説明するための図である。

【図14】光受信機におけるサイドスペクトルの説明図である。

【図15】光受信機が受ける信号光の波形の改善を説明するための図である。

*【符号の説明】

2, 68, 88 レーザダイオード

8 加熱／冷却素子

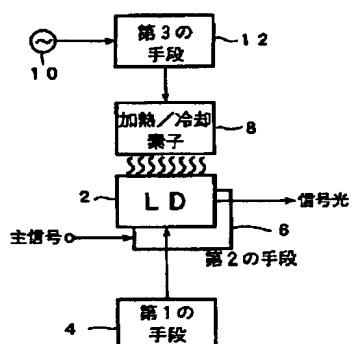
10, 84 信号源

104 光送信機

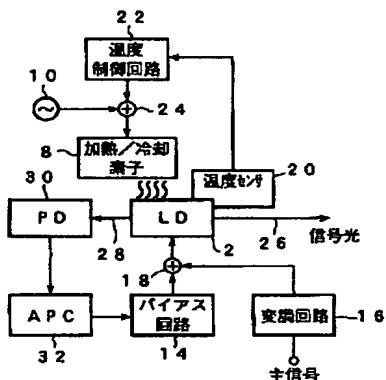
* 108 光受信機

【図1】

光送信機の第1の基本構成を示すブロック図

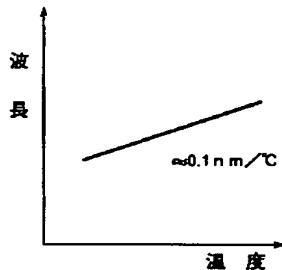


光送信機の第1実施形態を示すブロック図



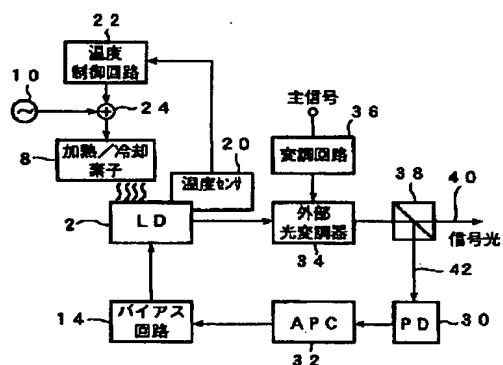
【図2】

波長と温度の関係を示すグラフ

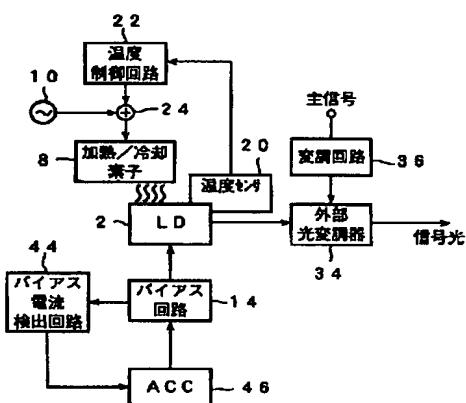


【図4】

光送信機の第2実施形態を示すブロック図

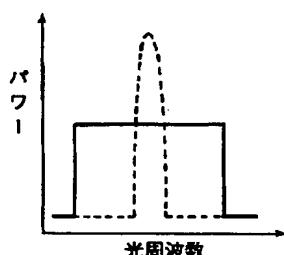


光送信機の第3実施形態を示すブロック図



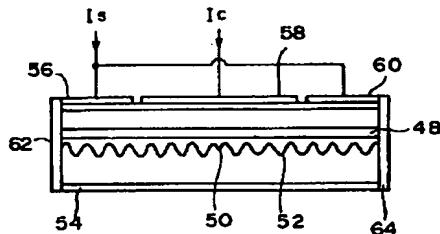
【図12】

光スペクトルの拡大を説明するための図



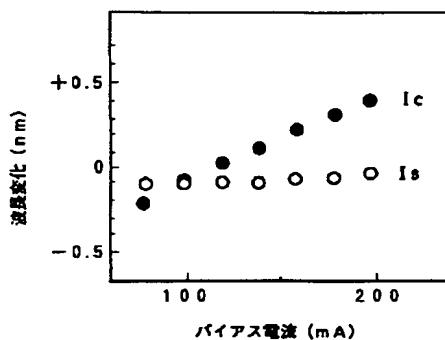
【図6】

本発明に適用可能な3電極型LDの構成を示す図



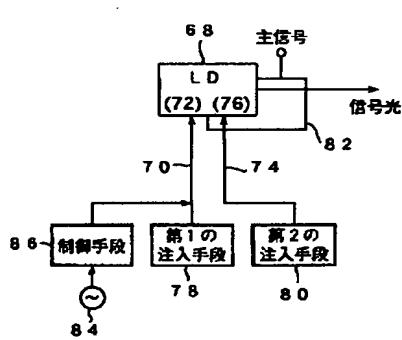
【図7】

図6のLDの特性を示す図



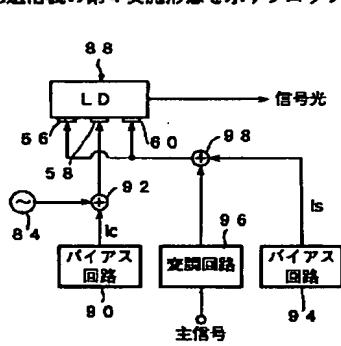
【図8】

光送信機の第2の基本構成を示すブロック図 光送信機の第4実施形態を示すブロック図



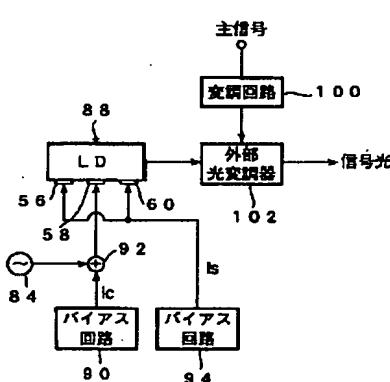
【図9】

光送信機の第5実施形態を示すブロック図



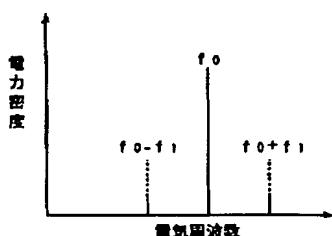
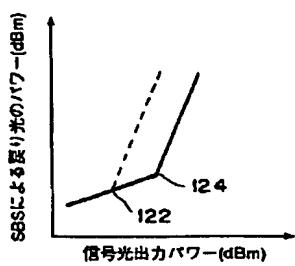
【図10】

光送信機の第5実施形態を示すブロック図



【図13】

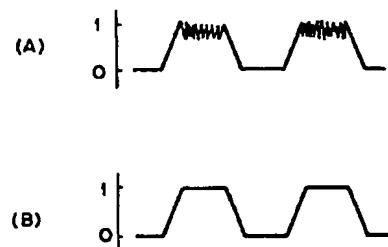
SBSの抑圧の効果を説明するための図 光受信機におけるサイドスペクトルの説明図



【図14】

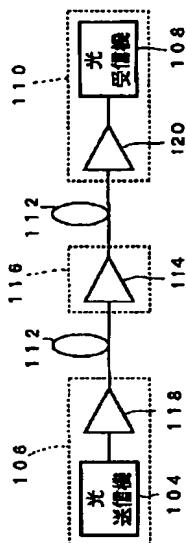
【図15】

光受信機が受ける信号光の波形を示す図



【四】

光通信システムの実施形態を示すブロック図



フロントページの続き

(51) Int.Cl.^{*} 識別記号 域内整理番号 F I
H 04 B 10/14
10/06
10/04

(72)発明者 津田 高至
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内